

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11062990 A**

(43) Date of publication of application: **05 . 03 . 99**

(51) Int. Cl. **F16C 33/64**  
**F16C 19/16**  
**F16C 33/58**

(21) Application number: **10115881**

(22) Date of filing: **13 . 04 . 98**

(30) Priority: **12 . 06 . 97 JP 09169641**

(71) Applicant: **NIPPON SEIKO KK**

(72) Inventor: **TANIGUCHI MASAHIRO**

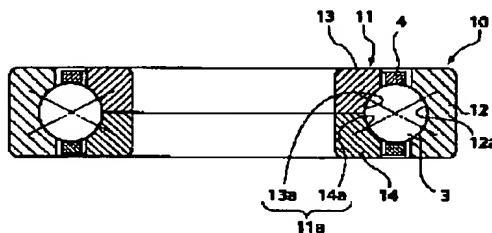
(54) **MULTIPOINT CONTACT BALL BEARING**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a multipoint contact ball bearing to facilitate reduction of friction torque, prevention of wear, and improvement of durability by high- efficient improvement of surface coarseness of the raceway surface of a race when the race having a track surface making contact with a steel ball at two points consists of a single ring member.

**SOLUTION:** The outer ring 12 of a two-piece inner ring type four-point contact ball bearing 10 consists of a single ring member of which a raceway surface 12a having the sectional shape of a Gothic arch is formed. Barreling is by a centrifugal barreling machine is applied on an outer ring 12 to improve surface coarseness of the raceway surface 12a. When barreling is executed by the centrifugal barreling machine for 12 hours in secession, surface coarseness of the outer ring 12 having surface coarseness of 0.3  $\mu\text{mRa}$  before barreling is improved to 0.06  $\mu\text{mRa}$ .

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-62990

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月5日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

F 1 6 C 33/64

F 1 6 C 33/64

19/16

19/16

33/58

33/58

審査請求 未請求 請求項の数1 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-115881  
(22) 出願日 平成10年(1998) 4月13日  
(31) 優先権主張番号 特願平9-169641  
(32) 優先日 平9(1997) 6月12日  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

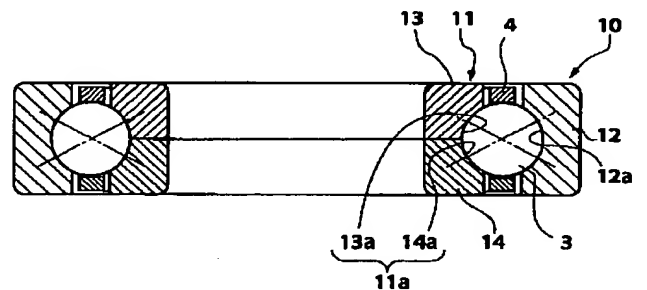
(71) 出願人 000004204  
日本精工株式会社  
東京都品川区大崎1丁目6番3号  
(72) 発明者 谷口 雅人  
神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 渡部 敏彦

(54) 【発明の名称】 多点接触玉軸受

(57) 【要約】

【課題】 鋼球と2点で接触する軌道面を有する軌道輪が1つのリング部材から構成されている場合に、この軌道輪の軌道面の表面粗さを効率良く改善して摩擦トルク低減、磨耗防止、耐久性向上を容易に図ることができる多点接触玉軸受を提供する。

【解決手段】 合わせ内輪タイプの四点接触玉軸受10の外輪12は、ゴシックアーチの断面形状を有する軌道面12aが形成されている1つのリング部材から構成され、外輪12には、軌道面12aの表面粗さを改善するために、遠心バレル機によりバレル加工が施される。この遠心バレル機により12時間連続のバレル加工を実施した場合、加工前に $0.3\mu\text{mRa}$ であった外輪12の軌道面12aの表面粗さが $0.06\mu\text{mRa}$ に改善された。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外輪と内輪間にそれぞれに鋼球が接触するように保持され、前記外輪および前記内輪の内の少なくとも一方の軌道輪に前記鋼球と二点で接触する軌道面が形成されている多点接触玉軸受において、前記少なくとも一方の軌道輪が 1 つのリング部材から構成されている場合に、バレル加工により前記少なくとも一方の軌道輪の軌道面の表面粗さを調整したことを特徴とする多点接触玉軸受。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、外輪と内輪間にそれぞれに鋼球が接触するように保持され、外輪および内輪の内の少なくとも一方の軌道輪に鋼球と二点で接触する軌道面が形成されている多点接触玉軸受に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、転がり軸受においては、摩擦トルク低減、磨耗防止、耐久性向上のために、軌道輪と転動体との接触部に、表面粗さに比べ十分な厚さの潤滑油膜を確保する必要がある。よって、深溝玉軸受などの一般的な転がり軸受では、軌道面に超仕上加工を施し、その表面粗さを小さくしている。

【0003】また、玉軸受の中には、三点接触玉軸受、四点接触玉軸受などの多点接触玉軸受があり、この多点接触玉軸受においては、外輪および内輪の内の少なくとも一方の軌道輪に鋼球と二点で接触する軌道面が形成されている。例えば、三点接触玉軸受の場合、外輪および内輪の内のいずれか一方の軌道輪には鋼球と二点で接触する軌道面が形成され、他方の軌道輪には鋼球と一点で接触する軌道面が形成されている。この鋼球と二点で接触する軌道面の断面形状としては、ゴシックアーチ、歪円、V 字形などの形状がある。

【0004】このような鋼球と二点で接触する軌道面を有する軌道輪としては、2 つのリング部材から構成された軌道輪、1 つのリング部材から構成された軌道輪などがある。例えば、断面形状がゴシックアーチからなる軌道面を有する内輪を 2 つのリング部材から構成するときには、まず、2 つのリング部材をアーバーなどにより一体に合わせて内輪部材を形成し、この内輪部材の外周面に対し断面形状が円弧形状の軌道溝を形成する。この軌道溝の形成後、内輪部材は各リング部材に分離され、各リング部材の合わせ面がそれぞれ所定幅分平面カットされる。このカット後に、各リング部材を再度一体的に合わせることによって内輪が構成されるとともに、この内輪には、ゴシックアーチの断面形状を有する軌道溝すなわち鋼球と二点接触可能な軌道面が形成されることになる。

【0005】これに対し、断面形状がゴシックアーチからなる軌道面を有する内輪を 1 つのリング部材から構成するときには、リング部材の外周面に溝加工を施すこと

によって、ゴシックアーチの断面形状を有する軌道溝が形成されている。

【0006】鋼球と一点または二点で接触するような軌道面の表面粗さの改善を行うときには、上述したように、この軌道面に対し超仕上加工が施される。2 つのリング部材から構成された軌道輪の場合には、各リング部材毎にそれに形成された軌道面に対し超仕上加工を施して各リング部材の軌道面の表面粗さを小さくする方法が用いられている。これに対し、1 つのリング部材から構成された軌道輪の場合には、それに形成された軌道面に対し超仕上加工を施してその軌道面の表面粗さを小さくする方法が用いられている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】ゴシックアーチの断面形状からなる軌道面を有する軌道輪を 2 つのリング部材から構成する場合には、各リング部材毎に形成された軌道面が円弧形状であるので、各リング部材の軌道面に対しては超仕上加工を容易に施すことができるが、前記軌道輪を 1 つのリング部材から構成する場合には、該リング部材に形成された軌道面がゴシックアーチ、歪円、V 字形などの断面形状を有するので、このリング部材の軌道面に対してはその断面形状の制約により超仕上加工を効率良く行うことが難しい。また、前記軌道輪が歪円、V 字形などの断面形状からなる軌道面を有する場合にも、同様に、超仕上加工を効率良く行うことは難しい。よって、鋼球と二点で接触する軌道面を有する軌道輪を 1 つのリング部材から構成する場合、この軌道輪の軌道面の表面粗さを効率良く改善することが難しく、摩擦トルク低減、磨耗防止、耐久性向上を容易に図ることができない。

【0008】本発明は、上記問題を解決するために、鋼球と二点で接触する軌道面を有する軌道輪が 1 つのリング部材から構成されている場合に、この軌道輪の軌道面の表面粗さを効率良く改善して摩擦トルク低減、磨耗防止、耐久性向上を容易に図ることができる多点接触玉軸受を提供することを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】請求項 1 記載の発明は、外輪と内輪間にそれぞれに鋼球が接触するように保持され、前記外輪および前記内輪の内の少なくとも一方の軌道輪に前記鋼球と二点で接触する軌道面が形成されている多点接触玉軸受において、前記少なくとも一方の軌道輪が 1 つのリング部材から構成されている場合に、バレル加工により前記少なくとも一方の軌道輪の軌道面の表面粗さを調整したことを特徴とする。

【0010】請求項 1 記載の多点接触玉軸受では、鋼球と二点で接触する軌道面を有する少なくとも一方の軌道輪が 1 つのリング部材から構成されている場合に、バレル加工により少なくとも一方の軌道輪の軌道面の表面粗さを調整したので、この少なくとも一方の軌道輪の軌道

面の表面粗さを効率良く改善して摩擦トルク低減、磨耗防止、耐久性向上を容易に図ることができる。また、バレル加工が施された軌道輪においては、剥離に至るまでの転がり疲れ寿命が延び、ひいては軸受寿命の延長効果を得ることができる。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図を参照しながら説明する。

【0012】（実施の第1形態）まず、本発明の原理が適用された多点接触玉軸受の構成例を図1ないし図5を参照しながら説明する。図1は本発明に係る多点接触玉軸受である四点接触玉軸受の一例における主要部を示す構成図、図2は本発明に係る多点接触玉軸受である四点接触玉軸受の他の例における主要部を示す構成図、図3は本発明に係る多点接触玉軸受である四点接触玉軸受のさらに他の例における主要部を示す構成図、図4は本発明に係る多点接触玉軸受である三点接触玉軸受の一例における主要部を示す構成図、図5は本発明に係る多点接触玉軸受である三点接触玉軸受の他の例における主要部を示す構成図である。

【0013】多点接触玉軸受としては、合わせ内輪タイプの四点接触玉軸受10（図1に示す）、合わせ外輪タイプの四点接触玉軸受20（図2に示す）、内輪、外輪それぞれ一体構造の四点接触玉軸受30（図3に示す）、内輪、外輪それぞれ一体構造の三点接触玉軸受40、50（図4または図5に示す）がある。

【0014】合わせ内輪タイプの四点接触玉軸受10は、図1に示すように、内輪11と外輪12との間に保持器4により保持されている複数の鋼球3を有する。内輪11は互いに合わされた2つのリング部材13、14から構成されている。各リング部材13、14には所定半径の円弧状の断面形状を有する軌道面13a、14aがそれぞれ形成され、各軌道面13a、14aは互いに共働してゴシックアーチの断面形状を有する軌道面11aを形成する。外輪12は1つのリング部材から構成され、該リング部材にはゴシックアーチの断面形状を有する軌道面12aが形成されている。外輪12の軌道面12aの表面粗さは、バレル加工により調整されている。各鋼球3は内輪11の軌道面11aに対し二点で接触するようにかつ外輪12の軌道面12aに対し二点で接触するように内輪11と外輪12との間に保持されている。この鋼球3と内輪11、外輪12との間の接触状態は図中の一点鎖線で示している。

【0015】合わせ外輪タイプの四点接触玉軸受20では、図2に示すように、内輪21が1つのリング部材から構成され、外輪22が互いに合わされた2つのリング部材23、24から構成されている。内輪21にはゴシックアーチの断面形状を有する軌道面21aが形成され、該軌道面21aの表面粗さはバレル加工により調整されている。外輪22を構成する2つのリング部材2

3、24には所定半径の円弧状の断面形状を有する軌道面23a、24aがそれぞれ形成され、各軌道面23a、24aは互いに共働してゴシックアーチの断面形状を有する軌道面22aを形成する。各鋼球3は内輪21の軌道面21aに対し二点で接触するようにかつ外輪22の軌道面22aに対し二点で接触するように内輪21と外輪22との間に保持されている。

【0016】内輪、外輪それぞれ一体構造の四点接触玉軸受30では、図3に示すように、内輪31および外輪32が1つのリング部材から構成され、内輪31にはゴシックアーチの断面形状を有する軌道面31aが、外輪32にはゴシックアーチの断面形状を有する軌道面32aがそれぞれ形成されている。各軌道面31a、32aの表面粗さは、バレル加工によりそれぞれ調整されている。各鋼球3は内輪31の軌道面31aに対し二点で接触するようにかつ外輪32の軌道面32aに対し二点で接触するように内輪31と外輪32との間に保持されている。

【0017】内輪、外輪それぞれ一体構造の三点接触玉軸受40では、図4に示すように、内輪41および外輪42が1つのリング部材から構成されている。内輪41にはゴシックアーチの断面形状を有する軌道面41aが形成され、軌道面41aの表面粗さはバレル加工により調整されている。外輪42には円弧状の断面形状を有する軌道面42aが形成されている。各鋼球3は内輪41の軌道面41aに対し二点で接触するようにかつ外輪42の軌道面42aに対し一点で接触するように内輪41と外輪42との間に保持されている。

【0018】内輪、外輪それぞれ一体構造の三点接触玉軸受50では、図5に示すように、内輪51および外輪52が1つのリング部材から構成されている。内輪51には円弧状の断面形状を有する軌道面51aが形成され、外輪52にはゴシックアーチの断面形状を有する軌道面52aが形成されている。外輪52の軌道面52aの表面粗さはバレル加工により調整されている。各鋼球3は内輪51の軌道面51aに対し一点で接触するようにかつ外輪52の軌道面52aに対し二点で接触するように内輪51と外輪52との間に保持されている。

【0019】上述の各多点接触玉軸受の内輪または外輪において、1つのリング部材から構成されかつ二点で接触する軌道面を有する内輪または外輪に対しては、その軌道面に対する表面粗さの改善を目的としてバレル加工が施される。このバレル加工を合わせ内輪タイプの四点接触玉軸受10（図1に示す）の外輪12に施す場合を例に説明する。

【0020】外輪12に対するバレル加工を施す装置としては遠心バレル機を使用し、この遠心バレル機では、アルミナ系砥粒を材料とする球形のメディアを使用し、該メディアの直径を軌道面曲率半径の70%程度の値に設定している。また、コンパウンドとしては鋼の仕上げ

用として一般的に用いられるものを使用する。合わせ内輪タイプの四点接触玉軸受 1 0 (図 1 に示す) の外輪 1 2 は、上述したように、ゴシックアーチの断面形状を有する軌道面 1 2 a が形成されている 1 つのリング部材から構成されている。外輪 1 2 は、軌道面 1 2 a が形成された後に遠心バレル機内に送り込まれ、遠心バレル機により外輪 1 2 に対しバレル加工が施される。この遠心バレル機により 1 2 時間連続のバレル加工を実施した場合、加工前に  $0.3 \mu\text{mRa}$  であった外輪 1 2 の軌道面 1 2 a の表面粗さが  $0.06 \mu\text{mRa}$  に改善された。

【0021】このように、1 つのリング部材から構成された外輪 1 2 においてゴシックアーチからなる断面形状を有する軌道面 1 2 a が形成されているときに、この外輪 1 2 の軌道面 1 2 a に対して超仕上げ加工を効率的に行うことは難しいが、バレル加工を効率的に行うことは容易である。よって、バレル加工を実施することによって、外輪 1 2 の軌道面 1 2 a の表面粗さを効率良く改善することができ、四点接触玉軸受 1 0 の摩擦トルク低減、磨耗防止、耐久性向上を容易に図ることができる。

【0022】また、バレル加工を施した軸受材料においてはその表面の残留圧縮応力が大きくなり、亀裂の伝播を抑制する効果が生じるため、剥離に至るまでの転がり疲れ寿命が延びる。よって、バレル加工が施された外輪 1 2 においては、剥離に至るまでの転がり疲れ寿命が延び、ひいては軸受寿命の延長効果を得ることができる。

【0023】なお、本実施の形態では、バレル加工を合わせ内輪タイプの四点接触玉軸受 1 0 (図 1 に示す) の外輪 1 2 に施す場合を例に説明したが、他の多点接触玉軸受においても同様に、ゴシックアーチからなる断面形状を有する軌道面が形成されている 1 つのリング部材から構成された軌道輪に対しバレル加工を施すことによって、超仕上げ加工を効率的に行うことが難しい断面形状を有する軌道面の表面粗さを効率良く改善することができ、多点接触玉軸受の摩擦トルク低減、磨耗防止、耐久性向上を容易に図ることができる。例えば、合わせ外輪タイプの四点接触玉軸受 2 0 (図 2 に示す) の場合にはその内輪 2 1 に、内輪、外輪それぞれ一体構造の四点接触玉軸受 3 0 (図 3 に示す) の場合には内輪 3 1 および外輪 3 2 に、内輪、外輪それぞれ一体構造の三点接触玉軸受 4 0 (図 4 に示す) の場合には内輪 4 1 に、内輪、外輪それぞれ一体構造の三点接触玉軸受 5 0 (図 5 に示す) の場合には外輪 5 2 にバレル加工が施されることになる。

【0024】また、本実施の形態では、ゴシックアーチの断面形状を有する軌道面が形成されている軌道輪に対しバレル加工を施す例について説明したが、超仕上げ加工を効率的に行うことが難しい他の断面形状例えば歪円、V 字形などの断面形状を有する軌道面が形成されている軌道輪に対してもバレル加工を施すことによって、軌道面の表面粗さを効率良く改善することができると

はいうまでもない。

【0025】さらに、本実施の形態では、1 つのリング部材から構成された軌道輪に対しバレル加工による軌道面の表面粗さを改善する例について説明したが、分割された複数のリング部材から構成された軌道輪、例えば 2 つのリング部材から構成された軌道輪に対しても本発明の原理を適用することができることはいうまでもない。

【0026】(実施の第 2 形態) 次に、本発明の実施の第 2 形態について図 6 を参照しながら説明する。図 6 は内輪、外輪それぞれ一体構造の四点接触玉軸受における摩擦トルクと軌道面の表面粗さとの関係を表すコンピュータによる解析結果を示す図である。

【0027】本実施の形態では、バレル加工による軌道面の表面粗さの加工範囲を  $0.03 \mu\text{mRa}$  から  $0.1 \mu\text{mRa}$  までの範囲に設定している。

【0028】まず、図 3 に示す内輪、外輪それぞれ一体構造の四点接触玉軸受 3 0 における摩擦トルクに及ぼす軌道面 3 1 a、3 2 a の表面粗さの影響について説明する。

【0029】この四点接触玉軸受 3 0 における摩擦トルクに及ぼす軌道面 3 1 a、3 2 a の表面粗さの影響を次の表 1 に示す解析条件に基づきコンピュータにより解析すると、この解析結果として図 6 に示す結果が得られる。

【0030】

【表 1】

対象軸受 四点接触玉軸受	内径 12mm 外径 37mm 幅 12mm レストアングル 30°
軌道断面形状	ゴシックアーチ
アキシャル荷重	980 N (100Kgf)
ラジアル荷重	なし
回転数	200~1000rpm
潤滑油	ISOVG32 相当
温度	40℃

ここで、表 1 から分かるように、アキシャル荷重のみが負荷されているという条件下で解析し、また、四点接触玉軸受 3 0 における内輪 3 1、外輪 3 2 の各軌道輪の軌道面 3 1 a、3 2 a の表面粗さは同一であると仮定する。

【0031】図 6 に示す解析結果から、各軌道面 3 1 a、3 2 a の表面粗さの増大に伴い四点接触玉軸受 3 0 の摩擦トルクが増加することが分かり、特に低回転 ( $200 \text{rpm}$ ,  $500 \text{rpm}$ ) の場合には、各軌道輪の軌道面 3 1 a、3 2 a の表面粗さがおおむね  $0.1 \mu\text{mRa}$  以下になると、摩擦トルクが著しい減少傾向を示す。これに対し、各軌道輪の軌道面 3 1 a、3 2 a の表面粗さが  $0.1 \mu\text{mRa}$  を超えるときには、回転数によらずに摩擦トルクは高い値を示す。これは、軌道面 3 1 a、3 2 a と鋼球 3 との接触点に生じる潤滑油膜の厚さに比べて表面粗さが大きくなるため、接触面の突起間

で金属同士の接触が起こり、潤滑油膜によって二表面が分離されている場合に比べて摩擦が大きくなることに起因するものである。油膜形成は、回転数や荷重、温度などの運転条件によって変化するが、表面粗さがおおむね  $0.1 \mu\text{mRa}$  以下であれば、潤滑油、潤滑方法を適正に選択することにより、表面粗さに比べて十分な厚さの潤滑油膜を確保し、好ましい潤滑状態で多点接触玉軸受を使用することが可能になると考えられる。また、パレル加工によって表面粗さを極限まで改善することは可能であるが、加工時間およびコストを考慮して表面粗さの下限値としては  $0.03 \mu\text{mRa}$  以上であれば、実用上十分な効果が得られると考えられる。よって、パレル加工による軌道面 31a, 32a の表面粗さの加工範囲を  $0.03 \mu\text{mRa}$  から  $0.1 \mu\text{mRa}$  までの範囲に設定すれば、余分な加工時間およびコストを掛けることなく、好ましい潤滑状態を得るための十分な厚さの潤滑油膜を確保することが可能な表面粗さが容易に得られることになる。さらに好ましくは、パレル加工による軌道面 31a, 32a の表面粗さの加工範囲を  $0.03 \mu\text{mRa}$  から  $0.06 \mu\text{mRa}$  までの範囲とする。

【0032】なお、本実施の形態では、四点接触玉軸受 30 における内輪 31、外輪 32 の各軌道輪の軌道面 31a, 32a の表面粗さを  $0.03 \mu\text{mRa}$  から  $0.1 \mu\text{mRa}$  までの範囲に設定する例について説明したが、他の多点接触玉軸受（図 1、図 2、図 4、図 5 に示す四点接触玉軸受または三点接触玉軸受）においても同様に、例えばゴシックアーチからなる断面形状を有する軌道面が形成されている 1 つのリング部材から構成された軌道輪に対しパレル加工による軌道面の表面粗さの加工範囲を  $0.03 \mu\text{mRa}$  から  $0.1 \mu\text{mRa}$  までの範囲に設定することによって、余分な加工時間およびコストを掛けることなく、好ましい潤滑状態を得るための十分な厚さの潤滑油膜を確保することが可能な表面粗さが容易に得られることになる。

【0033】また、本実施の形態では、1 つのリング部材から構成された軌道輪に対しパレル加工による軌道面の表面粗さを改善する例について説明したが、分割された複数のリング部材から構成された軌道輪、例えば 2 つのリング部材から構成された軌道輪に対しても本発明の原理を適用することができることはいうまでもない。

【0034】（実施の第 3 形態）次に、本発明の実施の第 3 形態について図 7 を参照しながら説明する。図 7 は内輪、外輪それぞれ一体構造の四点接触玉軸受における摩擦トルクと軌道面の表面粗さとの関係を表す実験による測定結果を示す図である。

【0035】本実施の形態では、内輪、外輪がそれぞれ一体構造の四点接触玉軸受における摩擦トルクに及ぼす軌道面の表面粗さの影響を確認するための実験を行い、その実験結果について説明する。この実験の供試軸受としては、図 3 に示すような四点接触玉軸受が用いられ、

その諸元は上記表 1 に示すものと同じである。この軸受における内輪、外輪の各軌道輪にはそれぞれゴシックアーチ状の軌道溝が研削加工によって形成され、内外輪の各軌道面に対しては上述の実施の第 1 形態に準じたパレル加工を施している。ここでは、供試軸受として、パレル加工時間やパレル加工前の軌道面の粗さを選択して軌道面の表面粗さがそれぞれ異なる 4 つの四点接触玉軸受（軸受 A, B, C, D）を試作した。試作した各軸受 A, B, C, D に対するパレル加工の有無および軌道面の表面粗さを表 2 に示す。

【0036】

【表 2】

軸受	A	B	C	D
パレル加工	あり	あり	あり	なし
軌道面粗さ (内外輪平均) [ $\mu\text{mRa}$ ]	0.06	0.10	0.17	0.18

摩擦トルクの測定には、谷口、荒牧、正田、4 点接触玉軸受の性能解析、（社）日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集（東京 1996-5）に記された方法を用い、この測定条件としては、表 3 に示す条件を用いている。

【0037】

【表 3】

アキシアル荷重	1080 N (110Kgf)
ラジアル荷重	980 N (100Kgf)
回転数	500~3000 rpm
潤滑油	ISOVG32 相当
温度	30℃

ここでは、表 3 から分かるように、試作した各四点接触玉軸受 A, B, C, D に対して、アキシアル荷重 1080 N、ラジアル荷重 980 N を負荷し、軸受単体の動摩擦トルクを測定している。この測定結果を図 7 に示す。

【0038】図 7 に示す測定結果から、軌道輪の表面粗さが最も小さい軸受 A において動摩擦トルクが最も小さくなり、軸受 B, C, D の順に、軌道輪の表面粗さの増加に従い動摩擦トルクが上昇していることが分かる。すなわち、軌道輪の表面粗さの減少に伴い動摩擦トルクが減少することが分かる。

【0039】特に低回転の場合、軌道輪の表面粗さが  $0.1 \mu\text{mRa}$  より小さい軸受 A においては、回転数の低下に従い摩擦トルクが減少する傾向を顕著に示す。これに対し、軌道輪の表面粗さが  $0.1 \mu\text{mRa}$  を超える軸受 C, D においては、回転数によらず高い動摩擦トルクを示すとともに、回転数が低いときには、高回転時に比して動摩擦トルクが増加する傾向が見られる。よって、明らかに、パレル加工により軌道輪の表面粗さを  $0.1 \mu\text{mRa}$  以下とすることによって、特に低回転域で四点接触玉軸受の動摩擦トルクが小さく抑制されている。

【0040】また、表2に示すように、バレル加工を施した軸受Cとバレル加工を施していない（すなわち研削加工により軌道輪の表面粗さを調整した）軸受Dとの間では、それぞれの軌道輪の表面粗さ（平均の表面粗さ）が大きく違わない。しかし、図7から明らかなように、両者の間の動摩擦トルクの値は大きく異なる。すなわち、バレル加工を施した軸受Cの動摩擦トルクは、バレル加工を施さずに研削加工のみにより軌道輪の表面粗さを調整した軸受Dの動摩擦トルクに比して、明らかに小さい。このことから、バレル加工を施すことは、軌道輪の表面粗さを改善するだけでなく、動摩擦トルクの低減に有効に作用していることが分かる。すなわち、軌道輪の表面性状が、バレル加工により粗さの山が平らになりまたその表面の残留圧縮応力が大きくなるなどによって動摩擦トルクの低減に有効な性状に変化すると考えられる。

【0041】このように、図3に示すような内輪、外輪がそれぞれ一体構造でかつそれぞれの軌道面の断面形状がゴシックアーチ形状である四点接触玉軸受に対しては、この軌道面にバレル加工を施すことにより、動摩擦トルク低減を容易に図ることを確認することができた。また、動摩擦トルクの低減効果をさらに得るためには、バレル加工による軌道面の表面粗さの加工範囲を0.06  $\mu\text{mRa}$  までの範囲に設定することが好ましいことになる。

【0042】なお、本実施の形態では、図3に示すような内輪、外輪がそれぞれ一体構造でかつそれぞれの軌道面の断面形状がゴシックアーチ形状である四点接触玉軸受を例にして、この軌道面に施したバレル加工が軸受の動摩擦トルクの低減に寄与することを示したが、他の多点接触玉軸受（図1、図2、図4、図5に示す四点接触玉軸受または三点接触玉軸受）に対しても同様に、バレル加工を用いて内外輪の軌道面の表面粗さを小さくすることにより、同摩擦トルクを低減させ、良好な軸受性能を得ることが可能であると考えられる。

【0043】また、分割された複数のリング部材から構成された軌道輪、例えば2つのリング部材から構成された軌道輪に対しても本発明の原理を適用することができることはいうまでもない。

# \* 【0044】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載の多点接触玉軸受によれば、鋼球と二点で接触する軌道面を有する少なくとも一方の軌道輪が1つのリング部材から構成されている場合に、バレル加工により少なくとも一方の軌道輪の軌道面の表面粗さを調整したので、この少なくとも一方の軌道輪の軌道面の表面粗さを効率良く改善して摩擦トルク低減、磨耗防止、耐久性向上を容易に図ることができる。また、バレル加工が施された軌道輪においては、剥離に至るまでの転がり疲れ寿命が延び、ひいては軸受寿命の延長効果を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る多点接触玉軸受である四点接触玉軸受の一例における主要部を示す構成図である。

【図2】本発明に係る多点接触玉軸受である四点接触玉軸受の他の例における主要部を示す構成図である。

【図3】本発明に係る多点接触玉軸受である四点接触玉軸受のさらに他の例における主要部を示す構成図である。

【図4】本発明に係る多点接触玉軸受である三点接触玉軸受の一例における主要部を示す構成図である。

【図5】本発明に係る多点接触玉軸受である三点接触玉軸受の他の例における主要部を示す構成図である。

【図6】内輪、外輪それぞれ一体構造の四点接触玉軸受における摩擦トルクと軌道面の表面粗さとの関係を表すコンピュータによる解析結果を示す図である。

【図7】内輪、外輪それぞれ一体構造の四点接触玉軸受における摩擦トルクと軌道面の表面粗さとの関係を表す実験による測定結果を示す図である。

## 【符号の説明】

3 鋼球

4 保持器

10, 20, 30 四点接触玉軸受

11, 21, 31, 41, 51 内輪

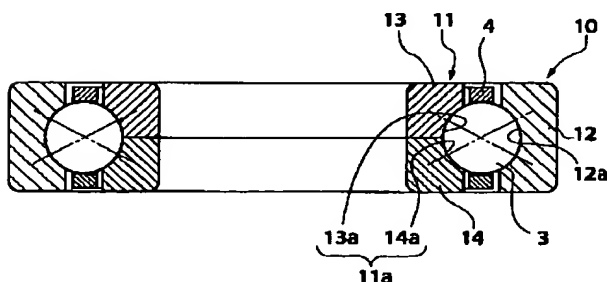
11a, 21a, 31a, 41a, 51a 軌道面

12, 22, 32, 42, 52 外輪

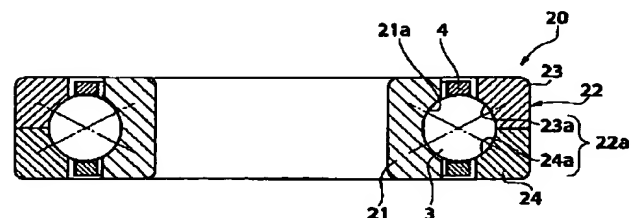
12a, 22a, 32a, 42a, 52a 軌道面

40, 50 三点接触玉軸受

【図1】

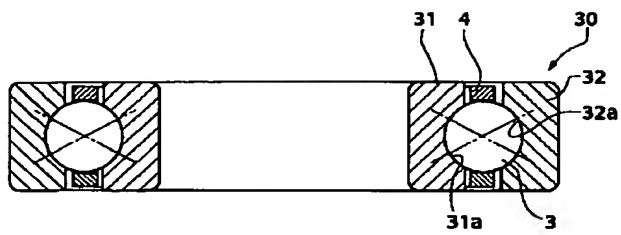


【図2】

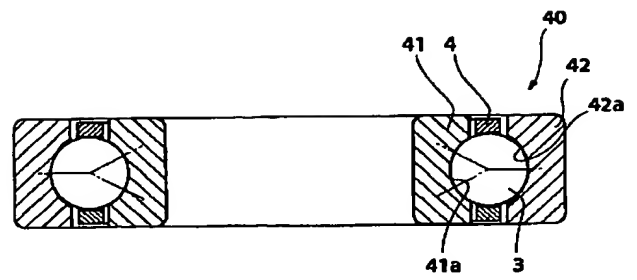


\*

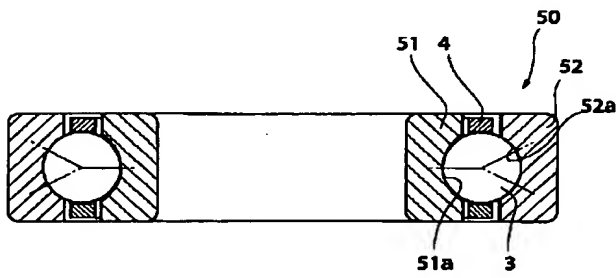
【図 3】



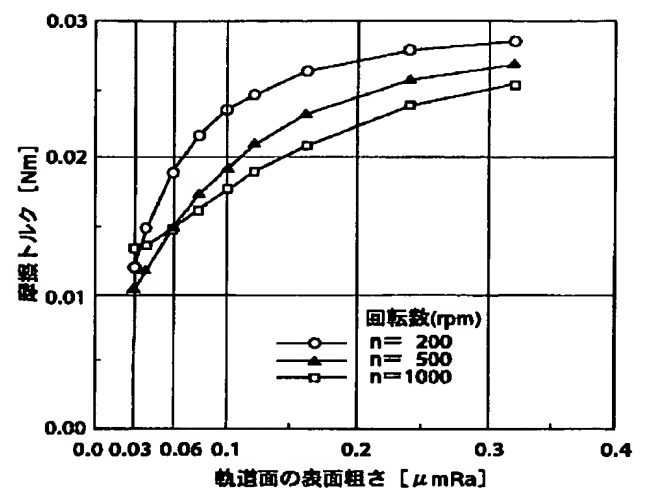
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

